

Eetu Lahtinen

**3D-mallinnuksen hyödyntäminen
rakennustekniikassa**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Eetu Lahtinen

Työn nimi: 3D-mallinnuksen hyödyntäminen rakennustekniikassa

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 36

Liitteiden lukumäärä:2

Asiakaslähtöisessä suunnittelussa lähtökohtana on asiakkaan tyytyväisyys. Rakennussuunnittelussa 3D-mallinnuksen avulla rakennusalaan vähemmän tunteva asiakas hahmottaa paremmin talomallit ja niiden eroavaisuudet. Tällöin asiakkaan on helpompi ymmärtää eri ratkaisuja ja miltä ne näyttävät luonnossa. Näin voidaan lisätä asiakastyytyväisyyttä ja vähentää kustannuksia, kun asiakas saa kerralla sen näköisen ratkaisun, minkä haluaa.

Opinnäytetyöhön sisältyi kysely, jossa kysyttiin erilaisten 2D-kuvien ja 3D-mallien eroavaisuuksia ja ominaisuuksia. Myös mallin muodostaminen virtuaalilaboratorioon (CAVE) oli kyselyn tutkittava kohde. Kysymyksillä pyrittiin selvittämään, voiko CAVEa hyödyntää rakennustekniikassa 3D-mallien avulla ja havainnollistaako CAVE paremmin 3D-mallin kuin tavallinen tietokoneen ruutu.

Kohderyhmänä olivat asiakkaat, jotka eivät ole olleet kosketuksessa rakennusalan suunnitteluohjelmien kanssa ja joiden tarkoituksena on rakentaa talo lähitulevaisuudessa.

Asiasanat: asiakaslähtöisyys, rakennuspiirustus, rakennussuunnittelu, 3D-malli, CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment)

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Eetu Lahtinen

Title of thesis: Use of 3D-modeling in building technology

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2010

Number of pages: 36

Number of appendices: 2

Client satisfaction is the baseline in client based designing. It is easier for a layman to visualize the differences between house models using 3D-modeling than in ordinary drawings. The 3D-model of a house in CAVE is almost as clear as in reality and the customer can see the building in real size. The client can get the results he/she wants at once.

The thesis includes an inquiry about the differences and features between 2D-pictures and 3D-models. Creating the model in virtual laboratory (CAVE) was also one of the researched objectives. The purpose of the questions was to clarify if it is easier to visualize the 3D-models in cave than on an ordinary computer screen.

The target group was clients that have never been in contact with construction designing programs and who are about to build a house in the near future.

Keywords: customer oriented approach, building drawing, structure planning, 3D-model, CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tutkimuksen tausta	8
1.2 Tutkimuksen tavoite	8
1.3 Tutkimuksen rakenne.....	9
1.4 Tutkimuksen toimeksiantajat.....	9
2 3D-MALLINNUKSESSA KÄYTETTÄVIÄ OHJELMIA	11
2.1 Ohjelmien valinta.....	11
2.1.1 Archicad.....	13
2.1.2 3ds MaX.....	14
2.1.3 Google SketchUp 7.....	15
2.1.4 Artlantis.....	16
2.1.5 Virtools.....	17
2.1.6 VR4MAX	18
2.2 Yhteensopivuus ja rakennustekniset ominaisuudet.....	19
3 VIRTUAALIHUONEEN HYÖDYNTÄMINEN SUUNNITTELUSSA.....	20
3.1 Hyödyt.....	20
3.2 Suunnittelijan rooli.....	21
3.3 Asiakkaan rooli.....	22
4 KYSELYTUTKIMUKSEN RAKENNE	24
4.1 Tutkimuksen kohderyhmä	24
4.2 Kyselylomakkeen sisältö	24
5 KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSIEN ARVIOINTI.....	26
5.1 Rakennussuunnittelun havainnollistaminen	26
5.2 Pohja-, leikkaus-, detalji- ja julkisivukuvat	26
5.3 3D-malli.....	27

5.4 CAVEen lisätty 3D-malli	28
6 TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ	30
6.1 Teknologia	30
6.2 Ohjelmistot	31
7 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	35
LIITTEET	37

Käytetyt termit ja lyhenteet

CAVE	Tila, jossa luodaan virtuaalisesti todentuntuinen ympäristö. Tilasta käytettävä nimitys tulee englanninkielisistä sanoista Cave Automatic Virtual Environment.
2D	Kuva, jossa on kaksi ulottuvuutta; pituus ja leveys. Esimerkiksi rakennussuunnittelussa suunniteltavat pohja- ja leikkauskuvat.
3D	Kuva sisältää kolme ulottuvuutta; pituus, leveys ja korkeus. Kuvien hahmottaminen on paljon selkeämpi kuin 2D:ssä.
Virtuaaliympäristö	Tila, johon on luotu tietokonepohjainen keinotekoinen ympäristö.
Objekti	Mallinnettava kohde. Esimerkiksi 3D-mallissa sijaitseva pöytä, josta voidaan muodostaa omanlaisensa.
VRPN-tekniikka	Virtual Reality Peripheral Network

Kuvio- ja taulukkoluettelo

KUVIO 1. Virtuaalilaboratorio.....	10
KUVIO 2. 3D-malli mallinnettu ohjelmalla Archicad 12	13
KUVIO 3. 3D-malli mallinnettu ohjelmalla 3ds Max.....	14
KUVIO 4. 3D-malli mallinnettu ohjelmalla Google Sketch Up	15
KUVIO 5. 3D-malli mallinnettu ohjelmalla Artlantis	16
KUVIO 6. 3D-malli näytetään valkokankaalle Virtools ohjelman kautta	17
KUVIO 7. 3D-malli näytetään valkokankaalle VR4MAX ohjelman kautta.....	18
KUVIO 8. Sairaanhoidon ammattilainen tarkastaa tilankäyttöä CAVEssa	22
KUVIO 9. Pohja-, leikkaus-, detalji- ja julkisivukuvat	27
KUVIO 10. 3D-malli.....	28
KUVIO 11. 3D-malli, joka on lisätty CAVEen	29
KUVIO 12. Todellisuutta mallinnetaan virtuaalisesti matkapuhelimella.....	32

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennustekniikassa lähtökohtana ennen rakentamista on hyvä suunnittelu. Suunnittelulla voidaan jouduttaa rakentamisen aikataulua ja työkustannukset rakentamisessa vähenevät, jos suunnittelu on onnistunutta. Ensikertalaiset rakentajat eivät välttämättä tunne tarpeeksi rakennusalaan ja tällöin he tukeutuvat täysin suunnittelijaan ja urakoitsijaan. 3D-mallinnuksella visualisoidaan talomallit, jolloin rakennusalaan vähemmän tunteva asiakas näkee toteutuksen lähes luonnollisena. Toisin sanoen visuaalinen puoli suunnittelussa tulee ymmärrettävämmäksi ja erilaiset viivatyökalut ja numeroinnit muuntuvat 3D-malliksi. Kuvan muodostaminen CAVEssa antaa miltei täydellisen visuaalisen näkemyksen suunnitelmista ja asiakas näkee tulevan rakennuksen/huoneiston oikeassa huonekoossa. (Penttilä & Nissinen 2006,60.)

1.2 Tutkimuksen tavoite

Asiakaslähtöisen suunnittelun kehittäminen on opinnäytetyön päätavoite, jonka seurauksena opinnäytetyön aihetta on pyritty lähestymään monelta eri kannalta. Asiakkaan ja suunnittelijan välistä yhteystyötä pyritään myös havainnollistamaan 2D-kuvilla ja 3D-malleilla. CAVEssa voidaan katsella ja "kävellä" virtuaalisessa talossa, jolloin muutokset ja niiden tarpeet voidaan helposti huomata. Virtuaalisessa rakentamisessa suunnitellaan ja toteutetaan rakennushanke ennen todellista rakentamista. Suunniteltavasta rakennuksesta luodaan virtuaalinen malli, jota voidaan katsella. Opinnäytetyön tarkoituksena oli myös selvittää, voiko CAVEn hyödyntää rakennustekniikassa 3D-mallien avulla ja havainnollistaako CAVE paremmin 3D-mallin kuin tavallinen tietokoneen ruutu.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Opinnäytetyön teoriaosassa käydään läpi erilaisia 3D-mallinnusohjelmia, joita sen jälkeen hyödynnetään rakennussuunnittelussa. Osa ohjelmista ei välttämättä pysty luomaan 3D-malleja, joten niiden tiedot täytyy viedä sellaiselle ohjelmalle, joka kykenee 3D-muotoihin. Archicad on hyvä esimerkki ohjelmasta, jolla voidaan luoda rakennekuvat ja myös 3D-malleja. Tämän jälkeen 3D-mallit voi viedä eri mallinnusohjelmiin, joissa 3D-muotoisia kuvia voidaan vielä parantaa. Tämänäyttöisiä ohjelmia ovat esimerkiksi 3ds Max ja Artlantis.

Opinnäytetyö sisältää myös kyselyn, jossa pyritään kartoittamaan rakennusalaa vähemmän tuntevan henkilön mieltymyksiä 2D-kuviin ja 3D-malleihin. Myöhemmässä vaiheessa kyselyyn vastaaja viedään CAVEen, jossa hän suunnittelijan kanssa "kävelee" suunnitellussa huoneistossa. Tässä vaiheessa vastaaja näkee todellisessa koossa huoneiston ja hänelle tulee todentuntuinen kuva suunnitelmista. Muutokset ovat tässä vaiheessa helposti toteutettavissa ja muunnoksia voidaan tehdä vastaajan läsnä ollessa hänen toiveidensa mukaisesti. Osa kyselyyn tarkoitetuista 2D-kuvista ja 3D-malleista löytyvät liitteestä 2.

1.4 Tutkimuksen toimeksiantajat

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Jämerä-kivitalot Oy, joka on Suomessa toimiva kivitalopakettien valmistaja. Jämerä-kivitalo Oy kuuluu H+H International A/S-konserniin, joka on maailman suurimpia kevytbetonivalmistajia. Opinnäytetyössä yksi mallinnettava talomalli oli Jämerä-kivitalot Oy:n tulevasta talomallistosta. Malli on kaksikerroksinen omakotitalo, joka on valmistettu siporex-harkoista.

Seinäjoen ammattikorkeakoulu oli myös mukana opinnäytetyössä. SeAMK:ssa on käytössä virtuaalitodellisuuslaboratorio, joka sijaitsee Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tiloissa tekniikan yksikössä. Laboratoriota kutsutaan myös nimellä CAVE (KUVIO 1).

CAVE-tilaa käytetään tietokoneella luotujen kolmiulotteisten rakenteiden visualisoimiseen virtuaalillassa, jossa käyttäjää ympäröi viideltä sivulta tietokonelaitteiston luoma keinotodellisuus. Tämä lumetila luodaan harhauttamalla näkö- ja kuuloaisteja 3D-stereografiikalla ja tiläänjärjestelmällä. Lisäksi käytetään paikannuslaitteistoa, jonka avulla tietokonelaitteisto piirtää stereokuvan käyttäjän perspektiivistä. (Virtuaalilaboratorio 2009.)



KUVIO 1. Virtuaalilaboratorio. (Virtuaalilaboratorio 2009.)

2 3D-MALLINNUKSESSA KÄYTETTÄVIÄ OHJELMIA

2.1 Ohjelmien valinta

Nykyään on paljon erilaisia suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia, joiden avulla rakennuskohteet piirretään. Viime vuosikymmeninä on sovellettu Autocad-pohjaisia ohjelmia, jotka ovat 2-ulotteisia. Näissä ohjelmissa viivatyökalun merkitys on suurin eikä 3D-mallinnustyövälineitä ole. Nykypäivän mallinnusohjelmat tuovat 3D-maailman suunnittelijan työympäristöön. Myös Autocad on kehittänyt erilaisia variaatioita 3D-mallintamiseen, mutta ne ovat jääneet kilpailijoiden varjoon. Nykyisin CAD-ohjelmistoilla voidaan suunnitella kahdessa eri tilassa; 2D:ssä (leikkaus-, pohja- ja julkisivukuvat) ja 3D-mallinnuksella.

Rakennussuunnittelussa pohja- ja leikkauskuvat toteutetaan 2D:nä, joista käy ilmi tarvittavat mitat ja muodot. Näiden kuvien havainnollistamiseksi 3D-mallit antavat paremman tuntuman suunnitelmiin. 3D-malleilla on kuitenkin enemmän merkitystä markkinoinnissa, sillä 3D-malleina kuvatut kohteet luovat myös rakennusalaan vähemmän tuntevalle henkilölle todentuntuisen mielikuvan. 3D-mallintaminen tarkoittaa yksinkertaistettuna kohteen (rakennus, esine, tuote) rakentamista malliksi tietokoneen ymmärtämään muotoon. Tällaista mallia voidaan tarkastella ja muokata 3D-muotoisena. Tällöin kohteessa mahdollisesti olevat virheet paljastuvat helpommin kuin perinteisessä 2D-mallissa. (Penttilä & Nissinen 2006,53.)

Opinnäytetyössä käytettiin seuraavia 3D-mallinnusohjelmia: Archicad 12, 3ds Max, Google SketchUp 7, Artlantis, Virtools ja VR4MAX. Rakennussuunnitteluohjelmienä käytettiin Archicad 12:ta, jolla luotiin 2D-kuvat ja 3D-mallit. Artlantis, 3ds Max ja Google Sketch Up ovat 3D-mallinnusohjelmia, joiden avulla pystyy 3D-mallia viimeistelemään todentuntuiseksi. Virtools- ja VR4MAX-ohjelmat toimivat päätoimisesti apuvälineenä CAVEen.

Opinnäytetyöhön valittujen ohjelmien valintaan vaikutti niiden keskinäinen yhteensopivuus. Archicad on tämänhetkisistä ohjelmista edelläkävijä ja sen soveltuminen hyvin 3ds Maxiin antoi lähtösäyksen tälle opinnäytetyölle, jonka tarkoituksena on kehittää 3D-mallintamista rakennussuunnittelussa.

2.1.1 Archicad

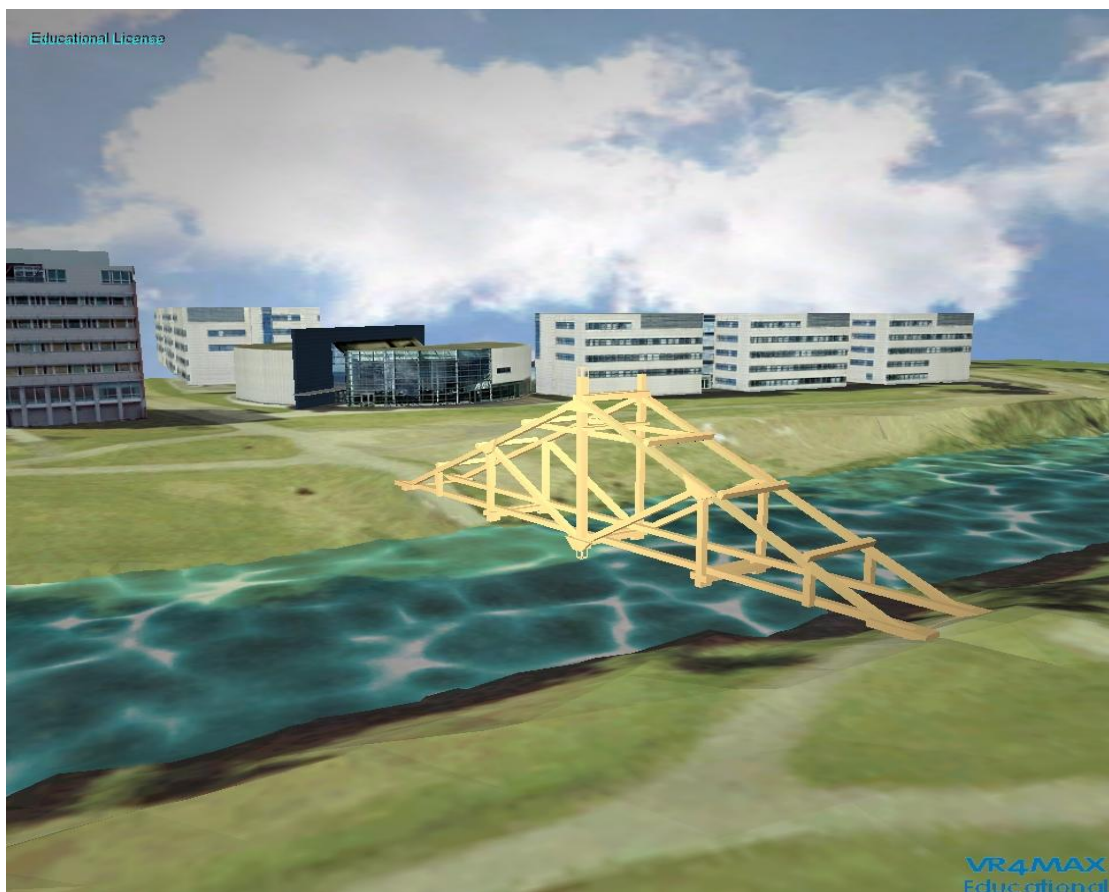
Archicad-ohjelma on suunnitteluohjelma, jolla voidaan luoda rakennuslupakuvat ja samalla ohjelma mallintaa automaattisesti myös 3D-mallin. Ohjelma toimii myös opinnäytetyön pääsuunnitteluohjelmana, jolla luotiin kaikki piirustukset, joita hyödynnettiin ja muutettiin eri formaattiin. Archicad on unkarilaisvalmisteinen rakennussuunnitteluohjelma, joka on suunniteltu 3D-maailmaan. Esimerkkinä 3D-objektit ja -hahmot pystytään tuomaan samaan 3D-malliin rakennuksen kanssa. Hyötyä 3D-toiminnoista tuovat myös sisustus- ja pintamateriaalien määrittäminen mallien mukaan. Nämä ratkaisut auttavat hahmottamaan paremmin tilankäyttöä. Kuviossa 2 on mallinnettu rakennus Archicadilla. (Archicad, [Viitattu 14.1.2010].)



KUVIO 2. 3D-malli on mallinnettu ohjelmalla Archicad12.

2.1.2 3ds Max

3ds Max -ohjelma on maailman eniten myyty 3D-animaatio- ja mallinnussovellus. Mallinnustyökalut ovat kolmiulotteisessa ja kaksiulotteisessa geometriassa todella hyvät. 3ds Maxin valmistaja on maailmanlaajuinen ja sen ohjelmistovalikoimaan kuuluu paljon erilaisia 2D-ohjelmia, joten ei ole sattumaa, että ohjelmat toimivat hyvin 3ds Maxin kanssa yhteen. Kuville tärkeät valaistusominaisuudet eivät 3ds Maxssa rajoitu yhteen valopisteeseen, vaan ohjelma tarjoaa pitkälle kehittyneitä valaistus- ja varjostustoimintoja. 3ds Maxin osaaja voi luoda tällä ohjelmalla todella hyvälaatuisia 3D-malleja, joita ei tarvitse enää viimeistellä. 3ds Maxista on myös ilmaisversio, tosin supistettuna ja toisella nimellä Gmax. Tällä ohjelmalla ei voi tallentaa 3ds-tiedostoja. Kuviossa 3 on esimerkki 3ds Maxilla luodusta mallista. (Autodesk 3ds Max,[Viitattu 14.1.2010].)



KUVIO 3. 3D-malli on mallinnettu 3ds Max -ohjelmalla.

2.1.3 Google SketchUp 7

Google SketchUp 7 -ohjelmalla voidaan luoda 3D-malleja, jotka soveltuvat aloittelijalle. Ohjelmiston hyvät puolet ovat sen alhainen hinta ja toimintavarmuus. Ohjelman pohjalle ei ole rakennettu raskasta ohjelmistoa, jota olisi vaikeata hallita tai käyttää. Erikoisuutena tässä ohjelmassa on se, että ohjelman mallit voidaan viedä Google Earth:iin ja ladata paikalleen koordinaatistoa apuna käyttäen. Tällöin käyttäjät voivat nähdä ne kartalla oikealla paikalla. Myös erilaisia malleja on luotu sivustoille, jotka ovat ilmaisia ja kaikkien käytettävissä. Omia mallejaan voidaan myös ladata toisten käytettäväksi. Sketch Up:sta on myös maksullinen versio, josta on hieman enemmän hyötyä kuvan muokkaukseen. Hinta maksullisessa versiossa on edullinen kilpailijoihin verrattuna. Opinnäytetyön mallien mallinnuksessa käytettiin Pro-versiota, joka muuttuu maksulliseksi 8 ensimmäisen tunnin jälkeen. Kuviossa 4 on mallinnettu rakennus Google SketchUp 7:lla. (Google SketchUp 7, [Viitattu 15.1.2010].)



KUVIO 4. 3D-malli on mallinnettu ohjelmalla Google SketchUp 7.

2.1.4 Artlantis

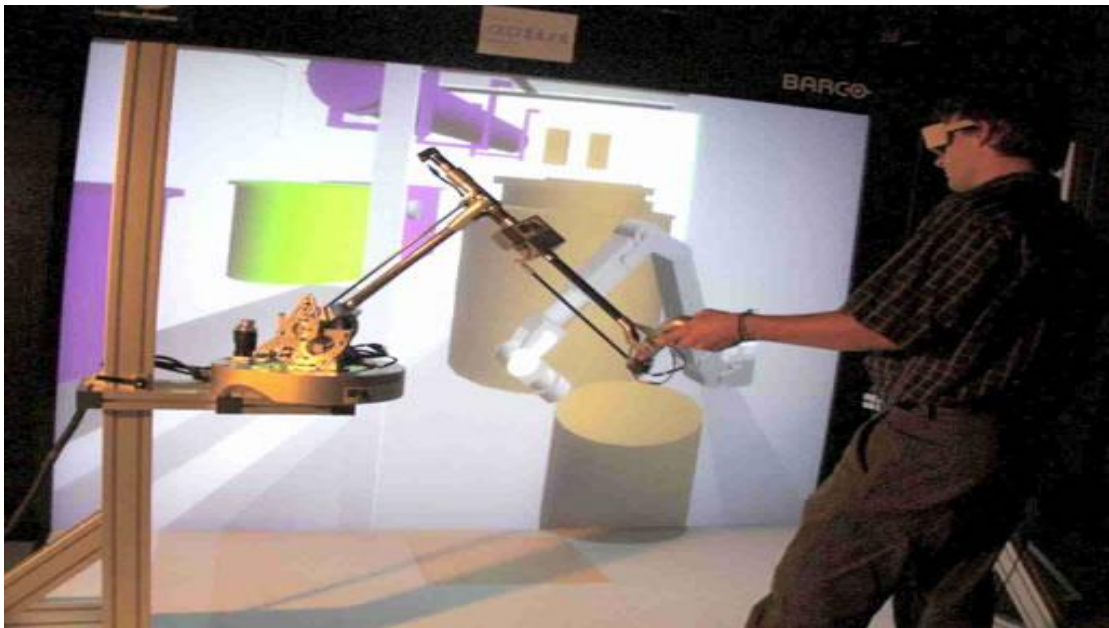
Artlantis-ohjelma on yhteensopiva Archicadin kanssa ja Suomen maahantuoja on sama yritys, joka tuo myös Archicadia. Ohjelmalla voidaan luoda lähes valokuvan tasoisia kuvia ja sen käyttäminen on varsin yksinkertaista. Varjostuksien ja valon säätäminen yksittäisten kuvien ottamiselle onnistuu helposti. Ohjelman helppous perustuu siihen, että tekstuurien määrä ei rajoitu ohjelman omiin kokoelmiin. Suunnittelija voi halutessaan lisätä omia tekstuureja oman mieltymyksen mukaan. Esimerkiksi malliin voi luoda maastolliset muodot ja lisätä siihen tekstuuri, joka on otettu paikasta, johon mallinnettava kohde tulee. Tällöin saadaan realistinen kuva kohteesta ja mallista. Uusimmassa versiossa voidaan kamera-ajoon lisätä liikkuvia animaatiota, esimerkiksi pilvien liikkuminen tai vedenpinnan aallot. Kuviossa 5 on mallinnettu rakennus Artlantiksella. (Artlantis, [Viitattu 22.2.2010].)



KUVIO 5. 3D-malli on mallinnettu ohjelmalla Artlantis.

2.1.5 Virtools

Virtools-ohjelma hyödyntää VRPN-tekniikkaa, jolla pystytään liittämään VR-ympäristöön erilaisia oheislaitteita, kuten paikannuslaitteita ja erilaisia 3D-ohjaimia. VRPN-laitteet kytketään suoraan koneeseen, jossa yksi sovellus hallitsee kaikkia toimintoja, mikä yksinkertaistaa CAVEssa 3D-mallin käyttöä. Virtools-ohjelman ero VR4MAX-ohjelman välillä on sen suurempi työkaluvalikoima, joten Virtools-ohjelmalla voidaan lisätä virtuaalimalliin enemmän interaktiivisuutta, toiminnallisuutta ja käyttäytymistä. Virtools-ohjelman tallennusmuodot toimivat eri virtuaaliloissa keskenään, vaikka VR-laitteistot ja oheislaitteet ovat erilaiset. Virtuaalimalli voidaan julkaista Virtools-ohjelmalla tallentamalla se tiedostoksi, joka voidaan avata katseltavaksi Virtoolsin kotisivulta löytyvän 3DVIA Player -ohjelman avulla. Kuviossa 6 hyödynnetään Virtools-ohjelmaa. (Virtools, [Viitattu15.1.2010].)



KUVIO 6. 3D-malli näytetään valkokankaalle Virtools-ohjelman kautta. (Virtools, [Viitattu15.1.2010].)

2.1.6 VR4MAX

VR4MAX-ohjelmalla voidaan navigoida CAVEssa 3D-mallien sisällä. Ohjelma tukee sekä aktiivista että passiivista stereoprojektiota ja erilaisia paikannus- ja osoitinlaitteita. Seinäjoen CAVEssa on käytössä aktiivistereolaitteisto. Ohjelman tallennusmuotona on VMX. Ohjelma toimii moitteettomasti 3ds Maxin kanssa. Ohjelman kautta voidaan myös tallentaa 3D-malli, joka ei avautuessaan vaadi erityisiä ohjelmia. Käyttäjä pystyy "kävelemään" mallin sisällä samalla tavalla kuin ohjelmassa itsessään. Tämän formaatin tallennusmuoto on exe-tiedosto, joten sen käynnistäminen ei vaadi mitään erillisiä ohjelmia. Myös kamera-ajot ovat helposti toteutettavissa ohjelmalla. Kuviossa 7 hyödynnetään VR4MAX-ohjelmaa. (VR4MAX, [Viitattu15.1.2010].)



KUVIO 7. 3D-malli näytetään valkokankaalle VR4MAX-ohjelman kautta. (VR4MAX, [Viitattu15.1.2010].)

2.2 Yhteensopivuus ja rakennustekniset ominaisuudet

Nykypäivänä ohjelmat ovat monipuolisia ja toisiinsa nähden hyvin erilaisia. Toisaalta tietoyhteiskunta ajaa ohjelmasuunnittelijat siihen, että ohjelmien erilaisuuksien vuoksi täytyy ohjelmien tukea toisia ohjelmia ja tätä kautta lukea eri tallennusmuotoja. Tallennusmuotojen kautta ohjelmat pystyvät keskenään lukemaan eri ohjelmien tuottamia malleja ja myös mallintamaan niitä. Opinnäytetyössä yhtenäinen tallennusmuoto on 3.ds, joka tallentaa tietokantaa 3D-muodossa. IFC-formaatti tukee 3D-mallin siirtämistä lujuuslaskentaohjelmaan, jolloin pystytään laskemaan rakenteellisia lujuuksia malleissa.

Tietokoneavusteisten suunnittelusovellusten kehittymisen myötä suunnitelmat ovat muuntuneet kuvista malleiksi. Suunnitteluvaiheen alusta lähtien 3D-mallit ovat hyödynnettävissä rakennesuunnittelussa, kuten ovat myös pohja- ja leikkauskuvat. Mallien avulla pystytään havainnollistamaan paremmin rakennuksen tilat, rakennusosat, tekniset komponentit sekä niiden ominaisuudet. Mallien avulla voidaan myös suunnitella rakennusvaiheen toimenpiteitä ja hankkeiden aloittamisen ajankohtia. Yhtenäinen dokumentointi ja mallien yhtenäisyys vähentävät ristiriitoja laskelmien ja mallien välillä. Tällöin saadaan saumaton yhteneväisyys eri ohjelmien ja laskelmien välillä.

3D-mallinnus ei kuitenkaan vähennä detajli-, leikkaus- tai pohjakuvien merkitystä rakennepiirustuksissa. Tulevaisuudessa rakennushankkeiden tietoja käsitellään enemmän tuotemallinnusohjelmilla, mikä tarkoittaa lukuisten eri ohjelmien käyttöä. Tällöin saadaan tarkempia piirustuksia eri hankkeisiin, jotka nopeuttavat ja helpottavat hankkeen rakennusvaihetta. (Penttilä & Nissinen 2006,18.)

3 VIRTUAALIHUONEEN HYÖDYNTÄMINEN SUUNNITTELUSSA

3.1 Hyödyt

Rakennushankkeen onnistuminen ja hankkeen aikataulussa pitäminen perustuu paljolti hyvään suunnitteluun. CAVEa hyödynnettäessä osapuolilla on hyvät mahdollisuudet vaikuttaa lopputulokseen. Virtuaalinen suunnittelu on viime vuosina kasvanut monella eri alalla ja etenkin rakennusalalla. Nykypäivänä halutaan markkinoinnissa hyödyntää uusinta tekniikkaa ja 3D tarjoaa juuri oikeanlaista palvelua.

Pohjakuvilla ja leikkauskuvilla voidaan hyvin pitkälle suunnitella toteutuskelpoinen suunnitelma, mutta 3D-mallinnus on hyvä apuväline teknisen ja visuaalisen näkemyksen lisäämisessä. Esimerkiksi potilashuoneiden suunnittelussa on vaikeaa hahmottaa suunniteltavan tilan käyttöä, jos ei ole sairaanhoidon ammattilainen. Toisaalta myös sairaanhoidon ammattilaisen on vaikea suunnitella käytännöllistä ja rakenteellisesti toteutuskelpoista tilaa. Tässä ongelmatilanteessa CAVE antaa hyvän mahdollisuuden siihen, että suunnittelija suunnittelee tilan ja sairaanhoidon ammattilainen pääsee katsomaan 3D-mallin sisään. Tällöin hän voi tarkastaa ja antaa omia mielipiteitä, siitä mitä kaikkea pitää vielä huomioida ja parantaa potilaan hoidon ja mukavuuden lisäämiseksi. (Nykänen & Porkka 2008,19.)

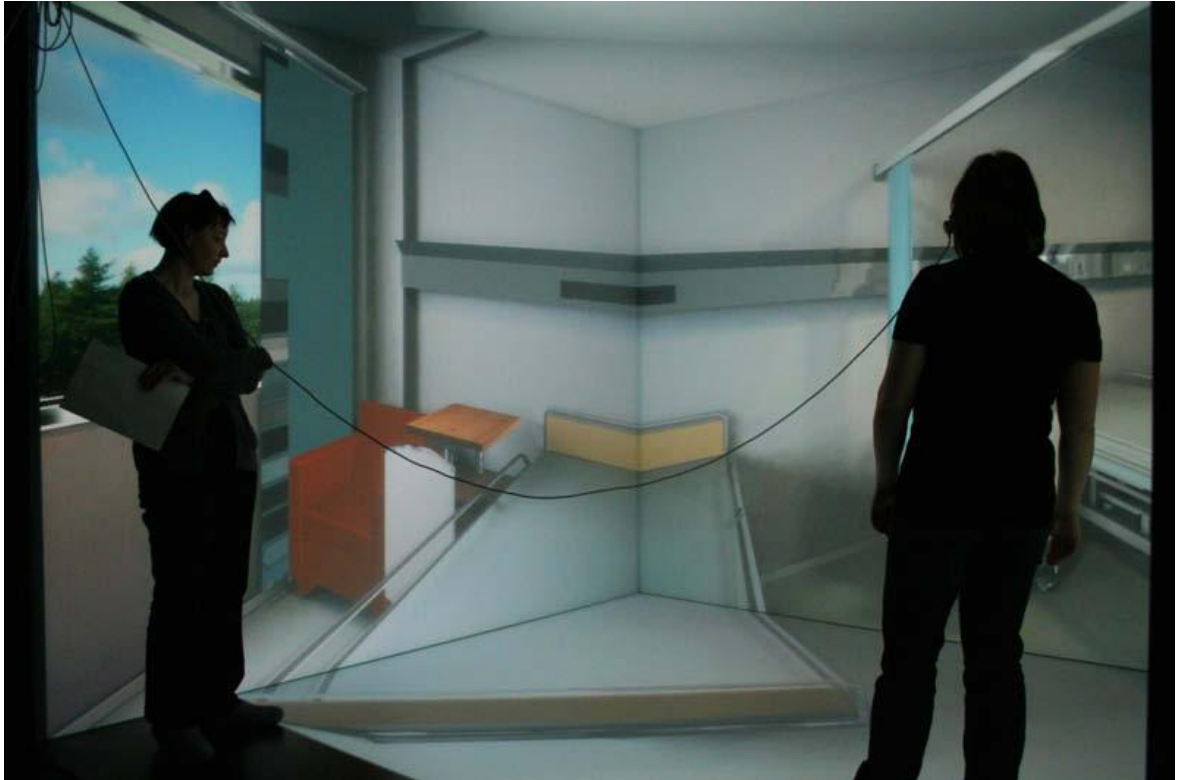
Sairaanhoitajien mielestä kokonaisuuden hahmottaminen on CAVEssa helpompaa ja myös yksityiskohtia pystyy arvioimaan paremmin. Sairaanhoitajat huomasivat vasta CAVEssa sellaisia yksityiskohtia, jotka olivat mahdollisia jo pohjapiirustuksissa, kuten laskutila ja läpian-
tokaapit. (Nykänen & Porkka 2008,43.)

3.2 Suunnittelijan rooli

Materiaalin tai pintamateriaalin vaihtaminen 3D-suunnitteluohjelmassa ei ole ongelma, vaan se käy hyvin nopeasti ja helposti. Tekstuureja ja objekteja on saatavilla Internetissä tai niiden luominen onnistuu myös hyvin nopeasti ohjelmalla. Nykypäivänä eri valmistajat ovat luoneet sivustoilleen malleistaan objekti-kansioita, joita voi ladata koneelle ja sitä kautta tuoda mallinnusohjelmaan. Objektin käyttäminen 3D-malleissa havainnollistaa suunnitelmia paljon.

CAVEN luoma virtuaalitodellisuus antaa hyvän mahdollisuuden suunnittelijalle, joka voi luoda 3D-mallista realistisen näkymän. Mallin koko on todellisuutta vastaavassa tilassa, jolloin tilan käytön vertaaminen todellisen rakennuksen kokoon onnistuu. Tällöin 3D-mallia voidaan tarkastella sisältä ja ulkoa. Loppukäyttäjät voivat käyttää hyväksi CAVEn tuottamaa visuaalista näkemystä, sillä he pääsevät jo suunnitteluvaiheessa tutustumaan tuleviin tiloihin. Tällöin he voivat antaa oman näkemyksensä suunnitelmista ja parantaa yhdessä suunnitelmia suunnittelijan kanssa. Lähtötietojen saaminen loppukäyttäjiltä on todella arvokasta tietoa, jolloin suunnittelija pystyy parantamaan suunnitelmia ja virheet rakennusvaiheessa vähenevät.

CAVE-tila oli sekä potilaiden että hoitajien osallistuttamisen välineenä toimiva (*KUVIO 8*). Potilaat saivat hyvän käsityksen huoneista ja kertoivat vaivatta näkemyksistään. Osa potilaista kertoi, että tilassa oleminen tuntuu täysin samalta kuin oikeassa rakennetussa huoneessa oleminen, ja osa, että jotkin piirteet eivät olleet aivan täydellisiä todelliseen huoneeseen verrattuna. (Nykänen & Porkka 2008, 59.)



KUVIO 8. Sairaanhoidon ammattilainen tarkastaa tilankäyttöä CAVEssa. (Nykänen & Porkka 2008,43.)

3.3 Asiakkaan rooli

CAVEN virtuaalitodellisuus luo visuaalisen näkemyksen, joka on todentuntuinen suunnitelma, johon asiakas pystyy vielä vaikuttamaan. Usein rakennusalaasta vähemmän tuntevan henkilön tiedot ovat vajavaisia eivätkä he osaa pukea ajatuksiin sanoiksi, joten he tukeutuvat täysin urakoitsijan tai suunnittelijan antamaan tietoon. 3D-mallinnuksilla visualisoidaan talomallit, jolloin myös kokemattomampi asiakas näkee toteutuksen lähes luonnollisena. Tällöin asiakkaan on helpompi ymmärtää erilaisia ratkaisuja ja miltä ne näyttävät luonnossa. Tällä menetelmällä voidaan selventää ratkaisuja, jolloin väärinymmärryksen riskiä voidaan vähentää. Näin voidaan lisätä asiakastyytyväisyyttä ja vähennetään kustannuksia, kun asiakas saa kerralla omanlaisensa kodin jo suunnitteluvaiheessa.

Asiakas voi vaatia erilaisia ratkaisuja ja kysellä uusia ja tarkempia kysymyksiä arkkitehtuurisista ratkaisuista. Tällöin asiakkaalle voi tulla tunne käsin kosketeltavasta talomallista. Enää ei tarvitse miettiä talon muotoja, vaan riittää, että käyttää CAVEa.

Nykyisin loppukäyttäjien osallistuminen suunnitteluun alusta asti on tärkeää. Tällöin varmistetaan tilankäytön maksimointi. Loppukäyttäjien mielipiteet vaikuttavat lopputulokseen ja heidän viihtyvyyteensä uudessa tilassa. Ohjelmistolla ja laitteistolla voidaan lisätä asiakkaan ja talotoimittajan yhteistyötä merkittävästi.

Sairaanhoitajat kokivat CAVEn todentuntuisena ja aitona. Erona oikeaan potilashuoneeseen oli se, ettei mistään voinut ottaa kiinni eikä kalusteita voinut liikuttaa. Mahdollisuus liikkua huoneessa ja paikantavien stereolasien tuottamat oikeat perspektiivit antoivat sairaanhoitajille todentuntuisen mielikuvan. (Nykänen & Porkka 2008,43.)

4 KYSELYTUTKIMUKSEN RAKENNE

4.1 Tutkimuksen kohderyhmä

Kohderyhmänä ovat asiakkaat, jotka eivät ole olleet kosketuksessa rakennusalan suunnitteluohjelmien kanssa. Tällöin luodaan suoraan vertailukelpoisia tuloksia henkilöistä, joilla ei ole ennakkokäsityksiä suunnittelusta. Myös kiinnostus oman talon/asunnon hankkimisella lähitulevaisuudessa on yhteinen nimittäjä.

Vertailukelpoisen kohderyhmän saamiseksi opinnäytetyöhön selvitettiin Seinäjoen kaupungin rakennusviraston kautta henkilöitä, jotka olivat tehneet tonttikauppoja joului- ja tammikuun aikana. Tonttikauppoja oli tehty noin 30 kappaletta, joista osa oli yksityisiä ostajia. Kyselyn kohderyhmänä olivat yksityiset ostajat. Seinäjoen kaupungin kanssa tonttikauppoja käyneet ihmiset asuvat ympäri Suomea, joten kartoittaminen aloitettiin lähiympäristössä asuvista ihmisistä.

4.2 Kyselylomakkeen sisältö

Kysymysten täytyy olla yksiselitteisiä ja helposti ymmärrettäviä. Ajatuksena on, että kyselysarjassa on kahdenlaisia kysymyksiä. Ensimmäinen on arvostelutaulukko, johon on vastattava täydentämällä oma mielipiteensä asteikolla yhdestä viiteen. Toinen osio on kirjallinen kohta, johon vastataan muutamalla lauseella.

Kyselyssä asiakkaille näytetään sama toteutus eri formaateilla. Samalla kerätään tietoa, mitä he ajattelevat eri 2D-kuvista ja 3D-malleista. Vähitellen kyselyn aikana lisätään malleja, jolloin otetaan mukaan myös 3D-mallit tietokoneelta. Samalla kysymyksiä lisätään ja selvitetään, muuttuuko käsitys rakennuksesta ja jos muuttuu, niin mihin suuntaan. Kysymyksien pääideana on selvittää, minkä tyyppiset piirustukset ja mallit havainnollistavat parhaiten suunnitelmia. Viimeisenä hyödynnetään

CAVE-tilaa ja sen jälkeen viimeisiinkin kysymyksiin vastataan. Kysymyslomakkeet ovat liitteessä 1.

Kyselyssä käytettävät rakennuslupakuvat, 3D-mallit ja detaljit ovat erilaisia ja tällä pyritään selvittämään, minkälaiset kuvat soveltuvat parhaiten kohderyhmälle. Osa kuvista ja malleista kuuluu Jämerä-kivitalot Oy:n uuteen talomallistoon, joka julkaistaan tämän vuoden puolella 2010. Jämerä-kivitalot Oy toimii myös opinnäytetyön toimeksiantajana. Detalji-kuvat on pääsääntöisesti otettu RT-kortistosta.

Suunnittelun pääpaino on markkinointipuolella, joten rakenteellista osiota näytetään vähemmän, sillä 3D-mallinnus tukee enemmän arkkitehtuurisuunnittelua. 3D-mallien pintamateriaalien käyttämistä pyritään tehostamaan sillä, että esittelyn aikana voidaan esitellä eri vaihtoehtoja, esimerkiksi parketin materiaalin/värin vaihtamista toiseen. Kyselyn kesto riippuu täysin vastaajan mielenkiinnosta, sillä ajankäyttö ja malleihin tutustuminen on täysin vastaajasta kiinni. Suunnitelmien esittely pyritään pitämään täsmällisesti ja osioita ei pyritä tietoisesti painottamaan yhdenkään osa-alueen eduksi.

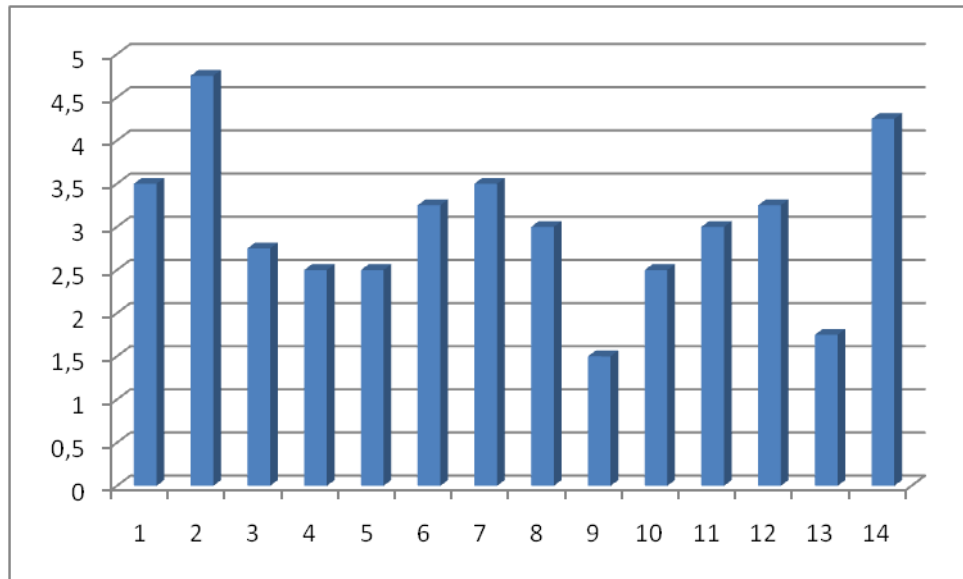
5 KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSIEN ARVIOINTI

5.1 Rakennussuunnittelun havainnollistaminen

Kyselyyn vastasi 10 henkilöä, joiden tavoitteena on rakennuttaa/rakentaa talo lähiaikoina. Kohderyhmästä oli kirjoitettu kappaleessa 4.1. Lisäksi kyselyyn osallistui Pytinki Messujen 26- 28.3.2010 yhteydessä 10 henkilöä. Vastanneiden kokonaismäärä kyselyssä oli 20 henkilöä. Osa kysymyksistä vaati syventymistä 2D-kuvien ja 3D-mallien tarkempaan tarkasteluun, jolloin osa ihmisistä sivutti kysymyksiä. Myös muutama pariskunta halusi vastata eri kysymyksiin yhdessä ja osaan kysymyksistä erikseen, sillä eri kysymykset olivat joko heidän mielestään henkilökoh- taisia tai sitten yhteisiä. Tästä johtuen kysely eri osioihin vastanneiden määrässä on vaihtelua.

5.2 Pohja-, leikkaus-, detalji- ja julkisivukuvat

Kyselyyn vastasi osiossa kuusi henkilöä (KUVIO 9), minkä perusteella pylväsdia- grammit määräytyivät. Diagrammista erottaa selkeästi kaksi eri kohtaa, jotka ovat saaneet suuremman keskiarvon. Toisessa kysymyksessä kysyttiin 2D-kuvien ymmärrettävyyttä, kun piirustuksia katsottiin ensimmäisen kerran. 14. kysymyk- sessä kysyttiin, haluaisivatko vastaajat nähdä lisää kuvia. 2D-kuvat herättivät mielenkiintoa ja osa vastaajista ymmärsi hyvin kuvia, mutta hieman oli myös epäselvyyttä eri kuvissa. Kysymysnumerossa 9 kysyttiin astiankaapin vetonuppi- en muotoa, joka olisi pitänyt miettiä mielessä. Kysymyksellä haluttiin saada vas- taajat tiedostamaan 3D-mallin merkitystä rakennuspiirustuksissa. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.



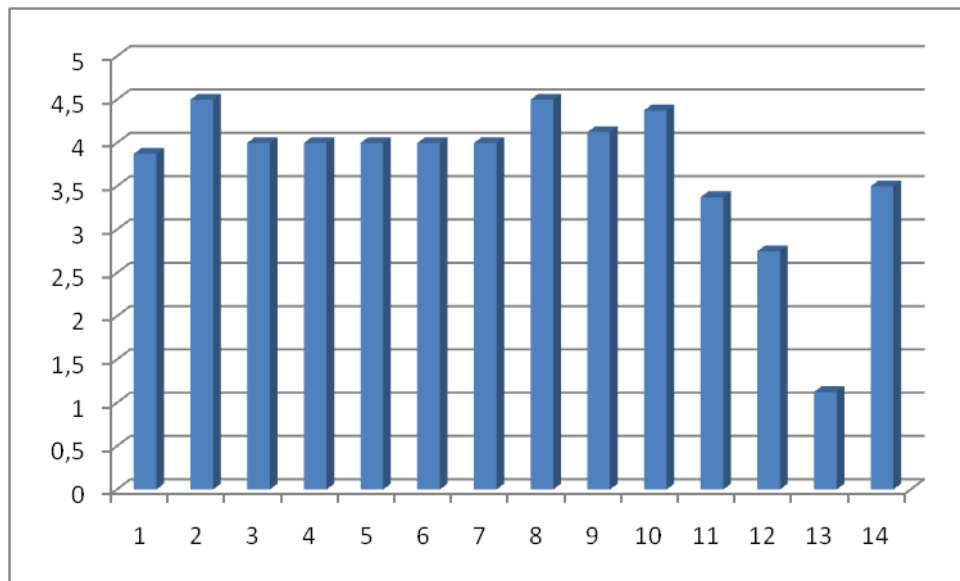
KUVIO 9. Vastauksia kysymyksiin, jotka koskevat pohja-, leikkaus-, detalji- ja julkisivukuvia.

Osa henkilöistä piti kuvia hieman epäselvinä ja kuvien hahmottaminen oli vaikeaa. 2D-kuvien yhtäaikaista vertailemistä ei kaikilta kyselyn vastaajilta onnistunut. Esimerkiksi pohjakuvan ja leikkauskuvan yhdistäminen ajatuksissa ei onnistunut ja tällöin rakennuskohteen mieltäminen kokonaisuutena vaikeutui. Kuvien määrää pidettiin riittämättömänä, jonka seurauksena toivomuksena oli saada nähdä enemmän kuvia. Leikkauskuvien mitoitus pidettiin hyvänä asiana, mikä selkeytti rakennekuvia; "Can see measurements clear, also structure of the house". Julkisivukuvissa värillisiä piirustuksia pidettiin parempina kuin mustavalko- punaviherkuvia, joiden värit epäselvensi kuvaa. Talomallin julkisivukuvaan lisätty ihmishenkilö selkeytti rakennuksen kokoluokkaa. Yksi vastaajista kertoi jo varanneensa talopakettien huonommilla pohjakuvilla kuin kyselyn piirustukset.

5.3 3D-malli

Kyselyyn vastasi kahdeksan henkilöä (KUVIO 10), jonka perusteella pylväsdia-grammit määräytyvät. Edelliseen diagrammiin vertaillessa huomataan, että pistemäärät ovat nousseet ja tasoittuneet toisiinsa nähden. Tästä voidaan päätellä, että suurempi määrä vastaajista on ymmärtänyt 3D-mallista paremmin kuin kaksiulot-

teisista kuvista. Kysymyksessä numero 13 haluttiin selvittää, ovatko mallit turhia rakennussuunnitelmissa. Kyselyn perusteella vastaajien näkemysmallien tarpeellisuudesta korostuu. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.



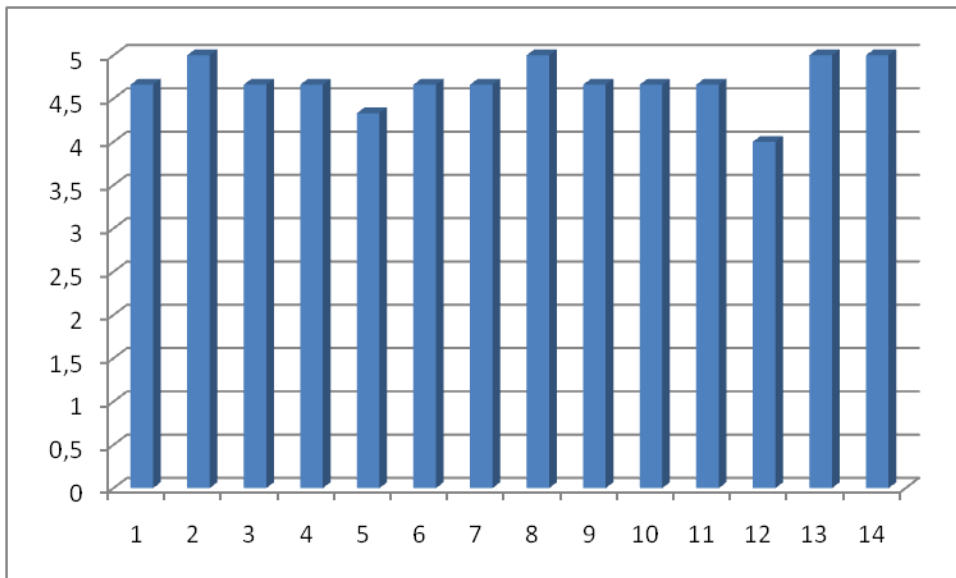
KUVIO 10. Vastauksia kysymyksiin, jotka koskevat 3D-mallia.

Vastaajien oli helpompi ymmärtää 3D-malleja, kuin vain 2D-kuvia. Silti malleihin pitäisi liittää mukaan joitain mittoja, joiden avulla mallin kokoluokka voitaisiin ymmärtää. Osa vastaajista haluaisi lisätä malleihin ihmistä kuvaavan henkilön, joka antaisi hyvän verrannon talon kokoluokasta. Keittiövalmistajan tai muiden valmistajien tuotteita haluttiin lisätä malliin, sillä se hahmotti vastaajilla parhaiten tilankäytön. Suurin osa vastaajista olisi ollut valmis maksamaan 3D-mallien esittelyistä, jos saisivat ennen rakentamista suunnitella suunnittelijan kanssa valmistuvaa kohdetta. Tällöin he kokivat säästävänsä rahaa, kun saavat ennen rakentamista suunnitella ja nähdä 3D-mallissa valitsemansa tuotteet. Yksi vastaajista vastasi seuraavasti: "Voisin toteuttaa talon näillä, mutta toivoisin täsmällisempiä kuvia yksityiskohdista ja myös tietoa niistä".

5.4 CAVEen lisätty 3D-malli

Kyselyyn vastasi kolme henkilöä (KUVIO 11), jonka perusteella pylväsdiagrammit määräytyvät. Edellisiin diagrammeihin verrattuna luvut ovat kaikkein suurimmat.

Vaihtelua on hieman, mutta siihen voi vaikuttaa vastaajien pieni määrä. Näistä diagrammeista voidaan päätellä, että kaikkien suurimpien arvojen kohdalla vastaajat ovat parhaiten ymmärtäneet mallin. CAVE soveltuu täten parhaiten 3D-mallien näyttämiseen, kuin myös piirustuksien ja muiden toteutuksien näyttämiseen. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.



KUVIO 11. Vastauksia kysymyksiin, joka koskee CAVEen vietyä 3D-mallia.

Vastaajien kokemukset CAVEssa perustuvat vain kolmen henkilön tuntemuksiin. Ensimmäisenä heidän keskittymisensä virtuaalilaboratoriossa kohdistui tekniikan ihmettelemiseen, sillä he eivät voineet käsittää huonetilaa, joka pystyi jäljittelemään niin hyvin todentuntua. Alkujärkytyksen jälkeen vastaajat pystyivät keskittymään myös 3D-mallin sisältöön, jolloin oikea huonekoko tarjosi erilaisia elämyksiä vastaajille. Ensimmäiseksi CAVEssa luotiin virtuaalinen malli Seinäjoen kaupungista, jossa pystyttiin liikkumaan "lentämällä". Toinen CAVEen mallinnettu malli oli Jämerä kivitalo Oy:n talomalli, jonka sisällä pystyi liikkumaan. Yksi vastaajista vastasi seuraavasti: "Aidon kokoinen ympäristö havainnollisti paremmin CAVEssa kuin tietokoneen ruudulta. Lintuperspektiivin kautta hallitsin tonttia, jolloin tontin hahmottaminen selkeytyi ja pystyin miettimään rakennuksen sijoittumista tontille". Äänen merkitys oli myös hyvin tärkeä, sillä se loi todentuntua. Esimerkiksi virtuaalisessa Seinäjoen kaupungissa olevan Lakeuden ristin kellon äänet loivat toden tuntuksen tilan, kun henkilö kulki ristin ohi.

6 TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ

6.1 Teknologia

Teknologia kehittyy yhteiskunnassa hyvin nopeasti, joten 3D-ohjelmistot ja laitteistot muuntuvat koko ajan. Suuria tiloja vaativat laitteistot voivat olla muutamassa vuodessa hyvin pieniä ja kuljetuskelpoisia. Tällä hetkellä virtuaalihuoneet ovat kiinteästi varustettuja, joihin videotykkien avulla luodaan malli. 3D-mallin kolmiulotteisena näkemiseen ihminen tarvitsee silmiensä eteen erikoislasit. Nykyään on tekniikkaa, jossa ei tarvitse lasia, mutta 3D on vielä huonompilaatuista kuin lasilla. 3D-tekniikoita on hyvin erilaisia, joilla voidaan toteuttaa kolmiulotteinen vaikutelma. Olemassa on esimerkiksi autostereoskooppinen sekä stereoskooppinen, jolla on kaksi erilaista lähetystapaa aktiivinen ja passiivinen. (Stereoscopy.com, [Viitattu 4.3.2010].)

Autostereoskooppisessa tekniikassa ei tarvitse käyttää lasia vaan kolmiulotteinen katseluelämys välitetään kahdella eri kuvalla molemmille silmille. Näyttö on jo itsessään suodattanut eri kuvat molemmille silmille. Tällöin katsoja saa aidontuntuisen syvyysvaikutelman kuvapinnalle. Näytön täytyy tukea autostereoskooppista tekniikkaa ja myös sille tarkoitettua informaatiota. Autostereoskooppisen tekniikan huonompi puoli on sen katselukulman pienuus, jolloin katsoja täytyy pysyä suorassa linjassa televisioon nähden. (Welho, [Viitattu 4.3.2010].)

Stereoskooppisessa tekniikassa on kaksi eri suuntaa, aktiivinen ja passiivinen. Passiivisessa stereoskooppisessa tekniikassa lasin toinen linssi on punainen ja toinen vihreä, joten myös kuvat ovat vastaavasti vihreä ja punainen. Tällöin silmät näkevät kaksi eri kuvaa, jonka seurauksena syvyysvaikutelma tuntuu todelliselta. Linssit voidaan tehdä myös polaroidusti eli toinen kuva polarisoituu eri tavalla kuin toinen. Polarisoivissa lasissa eri silmien linssien polarisaatio on käännetty 90 astetta. Tällöin saadaan todentuntuinen syvyysvaikutelma. Aktiivisessa stereoskoop-

pisessa tekniikassa lasien molemmissa linseissä on pienet nestekidesulkimet, jotka menevät vuorotellen kiinni. Sulkimet ovat tahdistettu siten, että ne sulkeutuvat ja aukeavat kuvien tahtiin. Oikea-aikainen tahti saa ihmissilmän olettamaan, että ruudulla on kolmiulotteinen malli. (Naskali 2008.)

Tulevaisuudessa tekniikan kehitys menee siihen suuntaan ettei laseja tarvittaisi toteuttamaan kolmiulotteista kuvaa ja katselukulmat eivät vaikuttaisi malliin. Myös hologramminen tekniikka voi tulevaisuudessa lisääntyä ja syrjäyttää nykyisen hallitsevan stereoskooppisen tekniikan. Hologrammisessa tekniikassa lähtökohtana on laserin hyödyntäminen, jolloin välissä ei tarvita väliainetta. Tällöin laserilla voidaan suoraan suodattaa kolmiulotteista mallia. (Stereoscopy.com, [Viitattu 4.3.2010].)

6.2 Ohjelmistot

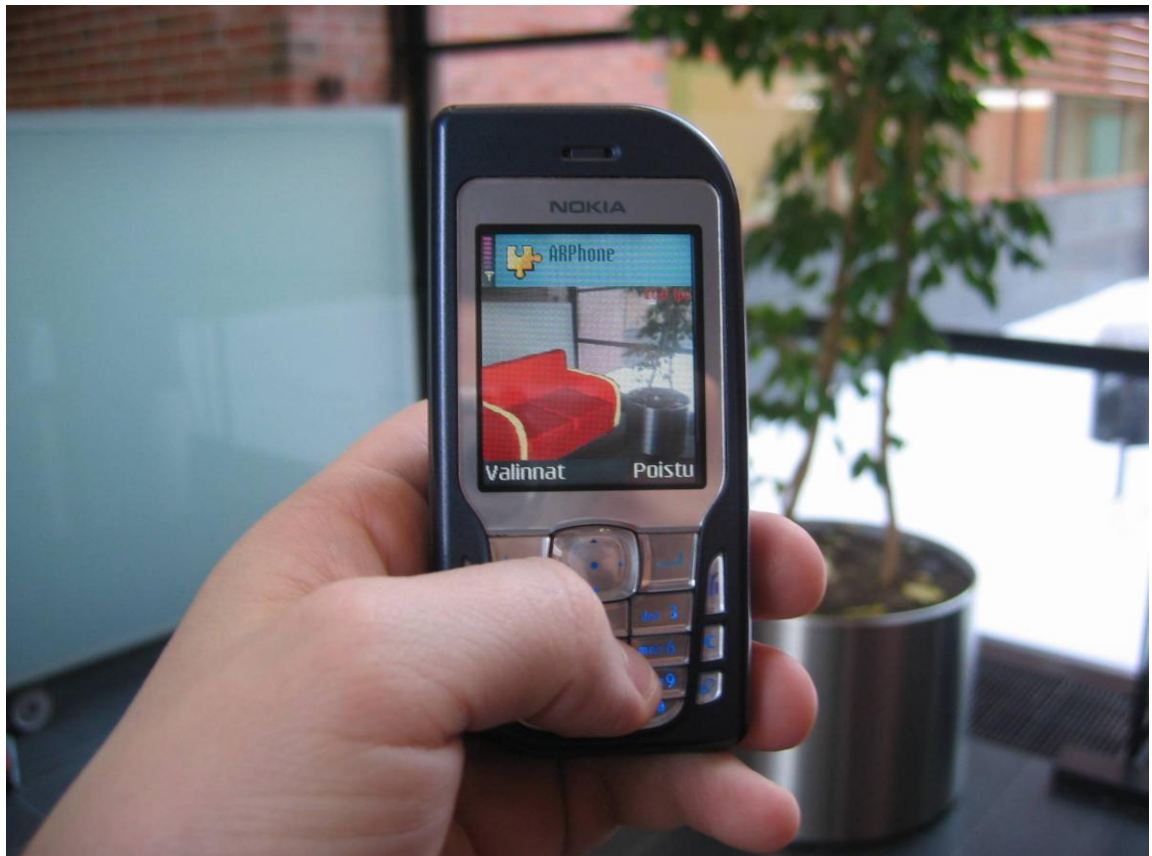
3D-ohjelmistot ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana yleistyneet ja parantuneet huomattavasti. Nykypäivänä suunnitelmia voidaan luoda täysin 3D-mallissa, joten asiakkaiden on helpompi ymmärtää ja nähdä kokonaisuus ennen todellista rakentamista. Myös ohjelmien helppokäyttöisyys on selkeästi parantunut ja ei enää tarvitse moneen kertaan tehdä samoja asioita uudestaan. Eli jos suunnittelee kaksikulotteisessa tasossa, ohjelma todentaa reaaliajassa saman mallin kolmiulotteisessa maailmassa.

Monet sisustus- ja rakennussuunnittelun tueksi kehitetyt visuaaliset ominaisuudet kehittyvät vielä luonnollisemmiksi ja liikkuvat animaatiohahmot yleistyvät 3D-mallinnuksessa. Reaaliaikaiset videoajot esittävät hyvää visuaalista näkemystä mallista. Kännyköiden ja kämmentietokoneiden kehittyessä nekin pystyvät pyörittämään kevyitä mallinnusohjelmia, joten korjausrakentamisen suunnittelemisen ja visualistaminen voi helpottua. (VTT, [Viitattu 4.3.2010].)

Täydennetyssä todellisuudessa reaaliaikaiseen videokuvaan lisätään tuotteen tai rakennuksen virtuaalimalleja, joita voidaan tarkastella

kolmiulotteisesti todellisessa ympäristössä kämmentietokoneen, data-lasien tai kamerakännykän avulla.

Yksinkertaisimmillaan sovellus toimii tietokoneen ja webbikameran välityksellä. Sovelluksen käyttö ei edellytä valmisteluja - se toimii missä ja milloin vain. (VTT, [Viitattu 4.3.2010].)



KUVIO 12. Todellisuutta mallinnetaan virtuaalisesti matkapuhelimella. (VTT, [Viitattu 4.3.2010].)

7 YHTEENVETO

Nykyisin elämme tietoyhteiskunnassa, jossa ihmisten apuvälineenä käytetään monenlaisia koneita. Myös rakennussuunnittelussa suunnitellaan tietokoneiden ja ohjelmien avulla talomalleja. Nykyään ihmiset osaavat vaatia ja haluavat myös osallistua oman kodin suunnitteluun, jolloin tietokoneiden hyödyntäminen suunnittelussa tuo rakennuttajan ja suunnittelijan lähemmäksi toisiaan. Rakennustekniikkaa vähemmän tunteva henkilö voi ymmärtää 3D-mallista paljon enemmän kuin pohjakuvasta ja leikkauskuvista yhteensä. Ohjelmien parantuessa ja tekniikan kehittyessä erilaiset fysikaaliset ja visuaaliset näkemykset ja kokemukset suunnittelussa kasvavat. Tällöin voidaan monella eri keinolla herättää katsojassa erilaisia mielteitä ja havainnollistaa kohdetta samalla tavalla kuin oikeassa taloesittelyssä.

Opinnäytetyön sisältämä kysely osoitti sen, että nykyään ihmiset haluavat rakennuslupakuvien lisäksi myös havainnollistavampia kuvia. 3D-mallien ymmärrettävyys on parempi kuin 2D-kuvissa. Kodin sisustaminen on hyvin tärkeätä ja 3D-mallit palvelevat ajatusta siitä, että kodinkalusteita voi jo suunnitteluvaiheessa lisätä rakennuksen sisälle. Värien valikointia kalusteissa voidaan myös samalla tehdä. 3D-mallien vienti CAVE:en havainnollisti parhaiten rakennuksen visuaalista näkemystä, jolloin pystyttiin "kävelemään" rakennuksen sisällä.

Kyselyn osallistujamäärä oli 20 henkilöä, joten arvio perustuu näiden ihmisten kokemuksiin ja tuntemuksiin. Kyselyssä olisi saanut olla enemmän vastaajia, jolloin suurempi vastaajamäärä olisi antanut tarkempia tuloksia. Myös kysymykset olisivat saaneet olla hieman tarkempia ja yksityiskohtaisempia, esimerkiksi keittiön tasonvärien vaihtaminen tai lattiapinnan vaihtaminen toiseen. CAVE:n ja normaalin tietokoneen näytön vertailusta olisi voinut olla enemmän kysymyksiä. Kyselyn aikana materiaalia oli paljon erilaisista kohderakennuksista, joista löytyi 2D-kuvia ja 3D-malleja. Materiaalin käyttö olisi pitänyt rajoittaa yhteen rakennukseen, sillä vastaajat kokivat tarpeelliseksi vertailla talojen tilaratkaisua, joka ei tässä opinnäytetyössä ollut aiheena.

Opinnäytetyön vastaajat pitivät 3D-malleista, jotka selkeyttivät talomallia. Kysymyksien perusteella vastaajat eivät ole valmiita maksamaan suoraan 3D-mallintamisesta tulevia kuluja. Toisaalta jos talopakettin hintaan sisältyisi 3D-mallinnus, he voisivat valita kalliimman talopakettin, johon kuuluisi 3D-mallinnus. Esimerkiksi 2000–3000 € hinnan ero eri talopakettien hinnassa ei vaikuttanut lopputulokseen. Vastaajat perustelivat vastauksensa sillä, että he voisivat valita ja kokeilla eri vaihtoehtoja sisustamisessa ja kalustamisessa.

Tällä hetkellä tekniikka mahdollistaa 3D-näkymän ja äänentoiston, muttei kosketeltavaa pintaa. Näiden kahden avulla voidaan luoda hyvin pitkälle erilaisia talomalleja, joissa ihmiset voivat katsella ja liikkua suunnitellussa ympäristössä. Pintamateriaalien avulla voidaan muuttaa 3D-malleja hyvin paljon tai sillä saadaan lopputulos realistiseksi. Ihmisen suurin haaste suunnittelussa on suunnitelman hahmotaminen mielessä, joten 3D-mallit tukevat visuaalista puolta, joka helpottaa ymmärtämään erilaisia suunnitelmia.

CAVEN tyyliiset virtuaaliset huoneet ovat vielä harvassa, joten tulevaisuudessa ja tekniikan kehittyessä erilaiset 3D:tä tukevat ohjelmat ja laitteistot yleistyvät ja halpenevat. Myös virtuaalisen huoneen koko on ongelmallinen, koska CAVEn tyyppistä huonetta ei voida siirtää erilaisten materiaalien ja koneiden takia. Nämä koneet tarvitsevat paljon tilaa.

CAVEssa visuaalinen puoli on tärkein vaikuttamisen keino, jolloin tunnustelu- ja kuulolla havainnollistaminen jää vajavaiseksi. 3D-äänen luominen onnistuu nykypäivän laitteistolla hyvin, mutta tuntoaisteja ärsyttävä tekniikka on vielä tulevaisuutta. Ihmisen halu tuntea käsin koskettamalla on suuri, joten tämän puuttuminen CAVesta voi hieman laskea 3D-mallintamisen ymmärtämistä. Osa ihmisistä kokee tarpeelliseksi koskea esineisiin ja asioihin, jolloin he todentavat itselleen paremmin esineen.

LÄHTEET

Archicad. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. M.A.D. Oy. [Viitattu 14.1.2010]. Saatavissa: <http://www.mad.fi/mad/archicad13.html>

Artlantis. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. ABVENT. [Viitattu 22.2.2010]. Saatavissa: [Artlantis.http://www.mad.fi/mad/artlantis.html](http://www.mad.fi/mad/artlantis.html)

Autodesk 3ds Max. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Software Explosion Oy. [Viitattu 14.1.2010]. Saatavissa:http://www.ohjelmistot.com/Comersus/store/-comersus_viewProductFamily.asp?idproductfamily=426

Google SketchUp 7. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Google Inc. [Viitattu 15.1.2010]. Saatavissa: <http://sketchup.google.com/product/gsu.html>

Naskali R. 2008. [Verkkojulkaisu]. KOLMIULOTTEINEN ELOKUVAUS.Tampere. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa:<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/-43072/Naskali.Riku.pdf?sequence=1>

Nykänen, E. & Porkka, J. 2008. HospiTool, Käyttäjälähtöinen sairaalatila. Helsinki. Edita Prima Oy.

Panoraamakuva. 15.11.2004. [WWW-dokumentti]. DigiFAQ. [Viitattu 1.3.2010]. Saatavissa: http://www.pikseli.fi/digifaq/3_panor.html

Penttilä, H. & Nissinen, S. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. Tampere. Rakennustieto.

Stereoscopy.com. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Stereoscopy.com and Alexander Klein. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: <http://www.stereoscopy.com/>

Virtools. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. DASSAULT SYSTEMES. [Viitattu 15.1.2010]. Saatavissa: <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/portfolio/authoring/vr-library/>

Virtuaalilaboratorio. 21.12.2009. [WWW-dokumentti]. Kaisu Salo. [Viitattu 14.1.2010]. Saatavissa: <http://www.seamk.fi/contentparser.aspx?deptid=1374&abc=2>, 21.12.2009

VR4MAX. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. Tree C Technology B.V. [Viitattu 15.1.2010]. Saatavissa: <http://www.vr4max.com/index.php?/Products/VR4MAX-Extreme.html>

VTT. 2006. [WWW-dokumentti]. VTT. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: <http://webextra.vtt.fi/uutiskirje/012007art01.jsp>

Welho. 2009. [WWW-dokumentti]. Sanoma Television Oy / Welho. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: <http://www.welho.fi/3d>

LIITTEET

(1/6)

LIITE1. 3D-mallien ja -ohjelmien hyödyntäminen rakennustekniikassa

Tutkimuskohdeluettelo:

Pohjakuva

Leikkauskuva

Detalji

Julkisivukuvat

Mitä mieltä olette teille näytetyistä kuvista?

Kuvat ovat:	täysin erimieltä					täysin samaa mieltä
	1	2	3	4	5	
Luonnollisen näköisiä.						
Ymmärrettäviä.						
Täysin helposti hahmoteltavissa.						
Selkeitä (esim. seinän värin voi hahmottaa.)						
Talon todellisen mittakaavan voi helposti hahmottaa.						
Niin hyviä, että ostopäätös tulisi näiden kuvien perusteella.						
Mielikuva vahvistuu suunnitellusta talosta?						

Keittiötila oli selkeä.					
Astiakaapin vetonappien muodon voi kuvitella.					
Ikkunoitten/ovien lähtökorkeus oli selkeä.					
Horminpaikan vaihtamisella ei ole epäselvyyttä. Muutokset voi hahmottaa.					
Tiedon määrä on riittävä					
Piirustukset ovat haaskausta, ei kiinnosta.					
Lisää kuvia olisi hyvä nähdä.					

LIITE1. 3D-mallien ja -ohjelmien hyödyntäminen rakennustekniikassa

Tutkimuskohdeluettelo:

Julkisivukuvat

2. Voisitteko nähdä itsenne toteuttamassa talon näillä suunnitelmilla vai haluaisitteko vielä lisää täsmällisempiä kuvia?

4. Olisiko mukava liittää piirustuksiin keittiövalmistajan tuotteita tai huonekaluja huonetilaan?

5. Pystyittekö mielestänne hahmottamaan taloa, joka oli piirretty kuviin?

6. Muita kommentteja?

LIITE1. 3D-mallien ja -ohjelmien hyödyntäminen rakennustekniikassa

Vastatkaa kirjallisesti kysymyksiin.

Tutkimuskohdeluettelo:

Pohjakuva

Leikkauskuva

Detalji

Julkisivukuvat

3D-mallit

1. Jäikö kuvista puuttumaan jotain?

2. Voisitteko nähdä itsenne toteuttamassa talon näillä suunnitelmilla vai haluaisitteko vielä lisää täsmällisempiä kuvia?

3. Haluaisitteko kuviin enemmän 3-ulotteisuutta?

4. Olisiko mukava liittää piirustuksiin keittiövalmistajan tuotteita tai huonekaluja huonetilaan?

5. Pystyittekö mielestänne hahmottamaan taloa, joka oli piirretty kuviin?

6. Muita kommentteja?

LIITE1. 3D-mallien ja -ohjelmien hyödyntäminen rakennustekniikassa

Tutkimuskohdeluettelo:

Pohjakuva

Leikkauskuva

Detalji

Julkisivukuvat

3D-mallit, jotka on viety CAVEen

Mitä mieltä olette teille näytetyistä kuvista/malleista?

Kuvat ovat:	täysin erimieltä				täysin samaa mieltä
	1	2	3	4	5
Luonnollisen näköisiä.					
Ymmärrettäviä.					
Täysin helposti hahmoteltavissa.					
Selkeitä (esim. seinän värin voi hahmottaa.)					
Talon todellisen mittakaavan voi helposti hahmottaa.					
Niin hyviä, että ostopäätös tulisi näiden kuvien perusteella.					
Mielikuva vahvistuu suunnitellusta talosta?					

CAVEn keittiötila oli selkeämpi kuin tietokoneen ruudussa näytetty.					
Astiankaappien ja muiden kohteiden todelliset koot oli helpompi ymmärtää CAVEssa					
Ikkunoitten/ovien lähtökorkeus oli selkeämpi CAVEssa?					
Horminpaikan vaihtamisella ei ole epäselvyyttä. Muutokset voi hahmottaa.					
Suunnittelusta voisi maksaa ylimääräistä, jos kohteeseen saisi tutustua CAVEn avulla.					
Realistinen koko parantaa mielenkiintoa kohdetta kohtaan.					
CAVEssa toteutetut kuvat olivat selkeimpiä					

LIITE1. 3D-mallien ja -ohjelmien hyödyntäminen rakennustekniikassa

Vastatkaa kirjallisesti kysymyksiin.

Tutkimuskohdeluettelo:

Pohjakuva

Leikkauskuva

Detalji

Julkisivukuvat

3D-mallit, jotka on viety CAVEen

1. Havainnollistiko CAVEn 3D-mallit paremmin rakennusta kuin tietokoneruudulta näytetyt mallit?

Jos, niin miten?

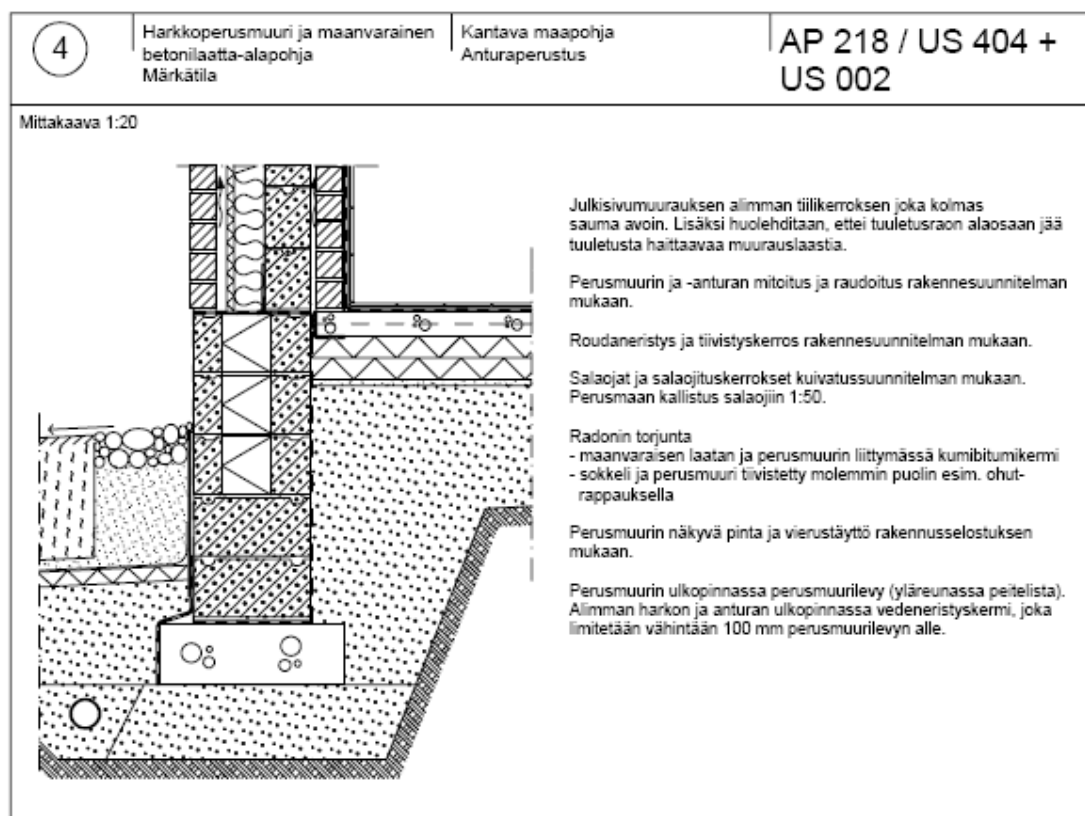
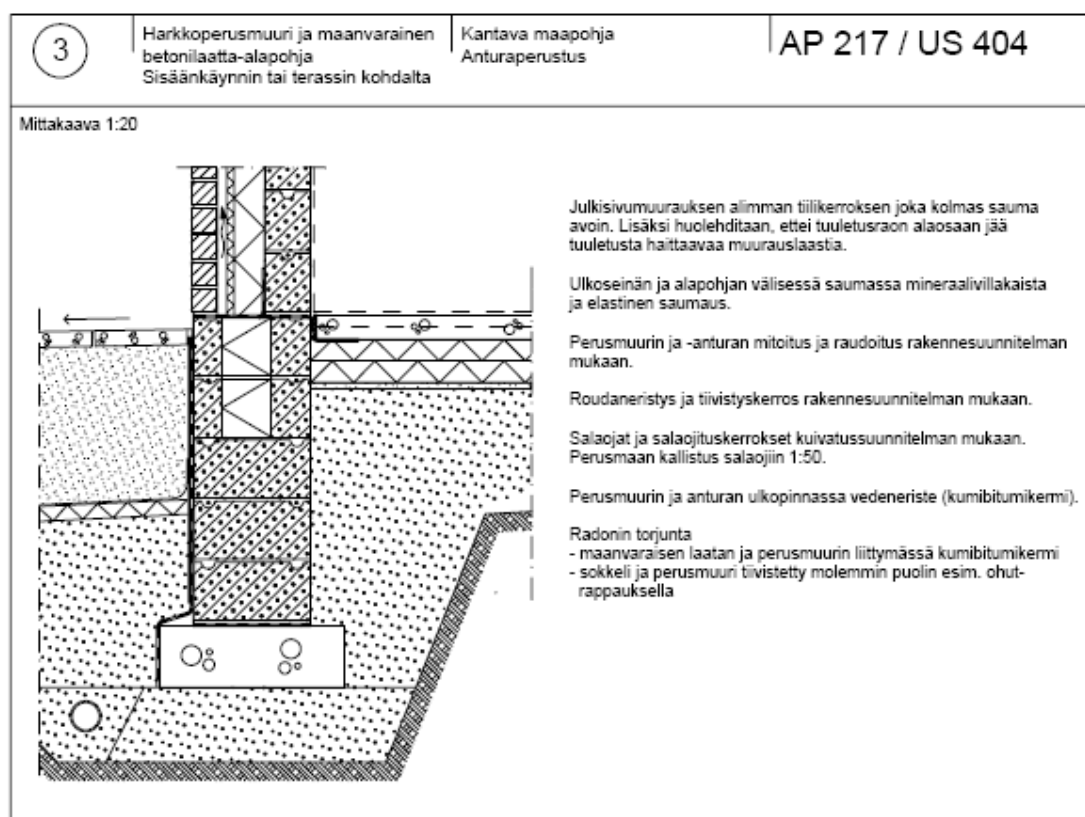
2. Miltä tuntui nähdä suunniteltu rakennus ns. luonnollisessa koossa?

3. Miltä tuntui liikkua virtuaalitalossa?

4. Antoivatko huonekalut ja keittiökalusteet realistisemmän kuvan talosta?

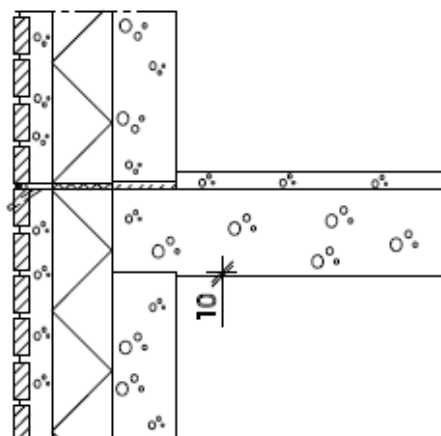
5. Pystyitkö lainkaan hahmottamaan taloa mielessänne?

6. Muita kommentteja?



1	Betonilaatta Tasaustabetoni	Betonielementtiseinä Mineraalivillaeeriste Tiililaattapinta	RTVP201/RTUS503
---	--------------------------------	---	-----------------

Mittakaava 1:20



Elementit tuetaan ja kiinnitetään toisiinsa detailjipiirustuksen mukaan.

Lämmöneristeenä saumassa mineraalivillakaista.

Ulkokuori saumataan RT80-10100 mukaan
- tuuletusputket Ø 10mm ... 15mm väritöntä muovia saumojen risteyskohtiin ja vaakasaumoihin k 2000.

Sauma
ulkokuoressa ≥ 15 mm
sisäkuoressa ≥ 20 mm.

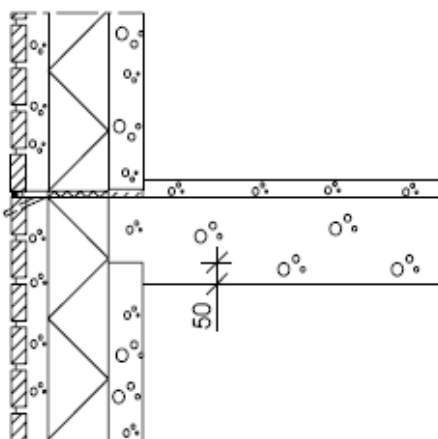
Paikallavalulaatan teräkset ankkuroidaan kantavaan seinään rakennesuunnitelman mukaan.

Sisäkuori työntyy laattaan 10 mm.

Ulkokuoren tiililaatat limitetään detailjipiirustuksen mukaan.

2	Betonilaatta Tasaustabetoni	Betonielementtiseinä Mineraalivillaeeriste Tiililaattapinta	RTVP201 /RTUS503
---	--------------------------------	---	------------------

Mittakaava 1:20



Elementit kiinnitetään ja kiinnitetään toisiinsa detailjipiirustuksen mukaan.

Lämmöneristeenä saumassa mineraalivillakaista.

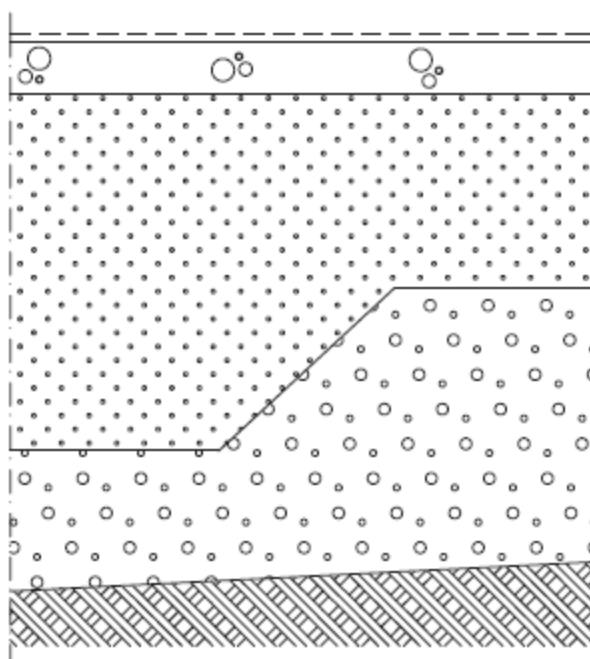
Ulkokuori saumataan RT 80-10100 mukaan
- tuuletusputket Ø 10 mm ... 15 mm väritöntä muovia saumojen risteyskohtiin ja vaakasaumoihin k 2000.

Sauma
ulkokuoressa ≥ 15 mm
sisäkuoressa ≥ 20 mm.

Ulkokuoren tiililaatat limitetään detailjipiirustuksen mukaan.

Rakennuskohde	Betonilaatta, maanvarainen Alapuolinen kevytsoraeriste	RT AP 419
Suunnittelija		AP

Mittakaava 1:10



Rakennekerrokset:

≥ 80 mm

Lattianpäällyste ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, teräsbetonilaatta, by 45, luokka käyttötar-

koituksen mukaan, pintahierto

Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu

300 mm

Lämmöneriste, kevytsora KS420, $\lambda_{\text{design}}=0,130 \text{ W/mK}$, 1 m:n reuna-alueella 550 mm

≥ 200 mm

Salaojituseros, raekoko ø 6...16 mm, koneellisesti tiivistetty

Perusmaa pohjarakennussuunnitelman mukaan, hiekka tai moreeni, kallistus salaojiin vä-

hintään 1:50

Ohjeet:

Kevytsorakerrokseen sijoitettavat metalliputket on suojattava korroosiolta.

Ks. myös taulukko 1.

Ominaisuudet:

Lämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ U-arvo reuna-alueella = $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

